



ETTORE BATTELLI

Gli *smart contracts* nella dimensione patologica: tra invalidità e rimedi

Il presente contributo analizza l'impatto degli *smart contracts* sul sistema delle patologie negoziali, indagando come l'automatismo algoritmico interferisca con le categorie classiche del diritto civile. Dopo aver qualificato la natura del protocollo – tra funzione esecutiva e manifestativa della volontà – l'indagine si focalizza sulla tensione tra l'irrevocabilità tecnologica della *blockchain* e l'effettività dei rimedi demolitori. Interpretando l'esecuzione automatizzata come una forma estrema di clausola *solve et repete*, il lavoro confuta l'idea che l'irreversibilità tecnica possa tradursi in un'immunità giuridica del codice. Si propongono, quindi, il paradigma della *rule of law by design* e il rimedio del *re-coding* quali strumenti necessari per ricondurre l'efficienza dell'algoritmo nell'alveo dei principi di giustizia contrattuale.

Smart contract – Automatismo algoritmico – Re-coding – Law by design – Rimedi contrattuali

Smart contracts in the pathological dimension: between invalidity and contractual remedies

This contribution analyzes the impact of smart contracts on the system of contractual defects, examining how algorithmic automatism interferes with the classical categories of civil law. After qualifying the nature of the protocol – poised between an executive function and an expression of will – the study focuses on the tension between the technological irrevocability of blockchain and the effectiveness of rescissory remedies. By interpreting automated execution as an extreme form of the *solve et repete* clause, the paper challenges the notion that technical irreversibility can translate into legal immunity of the code. In conclusion, it proposes the paradigm of Rule of Law by Design and the remedy of re-coding as necessary tools to bring the efficiency of algorithms back within the framework of the principles of contractual justice.

Smart contract – Algorithmic automatism – Re-coding – Law by design – Contractual remedies

SOMMARIO: 1. La nozione giuridica di *smart contract*. – 2. Gli *smart contracts* tra intervento del legislatore italiano e Data Act. – 3. La questione delle invalidità degli *smart contracts*. – 3.1. La natura giuridica dello *smart contract* tra codice algoritmico e accordo. – 4. Invalidità per difetto di accordo o vizi della volontà. – 5. Invalidità per illiceità o impossibilità dell'oggetto. – 6. Invalidità per difetto di forma: forma, imputabilità e identificazione delle parti. – 7. Invalidità civilistiche e rimedi demolitori tra automatismo esecutivo e programmi-ponte. – 8. Il rimedio del *re-coding*. – 9. Considerazioni finali.

1. La nozione giuridica di *smart contract*

L'espressione *smart contract*, come noto, risale a Nick Szabo che, già nel 1994, descriveva tali strumenti come protocolli informatici capaci di automatizzare la negoziazione e l'esecuzione contrattuale. Per affrontare correttamente il tema delle loro invalidità risulta, però, essenziale chiarirne la definizione giuridica¹.

Gli *smart contracts* operano attraverso registri distribuiti (*Distributed Ledger Technology* – DLT), in particolare all'interno della *blockchain*. Lo *smart contract* si sostanzia dunque in un accordo scritto redatto in linguaggio algoritmico (la c.d. *lex crittografica*²) e memorizzato su una *blockchain*³, il che ne garantisce l'immodificabilità. Il sistema è basato sulla logica del "if this, then that": al verificarsi di una condizione accertabile (*if this*), si produce l'effetto accertabile in modo digitale (*then that*)⁴.

In altri termini, la condizione cui è subordinata l'esecuzione automatica viene tradotta in termini informatici attraverso l'inserimento, all'interno dello *smart contract* basato su *blockchain*, di un c.d.

trigger point, cioè di un evento predeterminato; si pensi, alla scadenza di un termine o all'esercizio di un'opzione al cui verificarsi consegue l'attivazione automatica e irreversibile del meccanismo contrattuale esecutivo. In alcune ipotesi, come nel caso del decorso di un termine, l'accertamento della condizione avviene in modo diretto e immediato, essendo integralmente interno al sistema. In altre ancora, invece, soprattutto quando l'efficacia del contratto è subordinata al verificarsi di un evento esterno, lo *smart contract* deve essere programmato in modo da recepire input provenienti da fonti esterne ritenute affidabili dalle parti. Tali fonti possono coincidere con dati pubblici o fatti, la cui attendibilità è generalmente presunta; in situazioni più complesse, tuttavia, si rende necessario il ricorso ai c.d. "oracoli"⁵, ossia programmi esterni alla *blockchain* incaricati di acquisire e trasmettere al sistema le informazioni rilevanti ai fini della verifica della condizione⁶.

Ebbene, se è vero che lo *smart contract* possa essere concepito anche indipendentemente dalla *blockchain*⁷, solo le caratteristiche di quest'ultima consentono al "contratto intelligente" di assicurare

1. Si veda SCOGNAMIGLIO 2024, in specie pp. 33-36.

2. Per un approfondimento si rinvia a LONGOBUCCO 2023-A.

3. Cfr. PELLEGRINI 2024, p. 364, il quale evidenzia come, nell'attuale contesto, "solo ciò che può entrare in una *blockchain* può essere oggetto di *smart contract*".

4. BEVIVINO 2024, p. 393; ATTANASIO 2024.

5. Per un approfondimento cfr. SETTANNI 2024.

6. BELLOMIA 2020, par. 2.2.

7. Sul punto, cfr. DI CIOMMO 2019-A.

i caratteri dell'immodificabilità e l'esecuzione automatica del codice informatico⁸.

Mentre il codice del contratto è reso pubblico e consultabile da chiunque, i dati restano protetti da crittografia asimmetrica, e sono accessibili solo tramite chiavi private⁹.

Attraverso l'uso di "clausole" cosiddette autoesecutive, lo *smart contract* è in grado di verificare l'adempimento e attivare autonomamente i rimedi necessari in caso di violazione del contratto da parte dei contraenti.

2. Gli *smart contracts* tra intervento del legislatore italiano e Data Act

Sul piano normativo, il legislatore italiano era già intervenuto con il d.l. 14 dicembre 2018, n. 135 (c.d. "Decreto Semplificazioni", convertito con modificazioni in legge 11 febbraio 2019, n. 12), fornendo all'art. 8-ter una definizione di *smart contract* come "programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti e la cui esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse. Gli *smart contracts* soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia Digitale con linee guida da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto" (comma 2). Il comma 1, invece, contiene la definizione di "tecnologie basate su registri distribuiti", per tali intendendosi "le tecnologie e i protocolli informatici che

usano un registro condiviso, distribuito, replicabile, accessibile simultaneamente, architetture decentralizzato su basi crittografiche, tali da consentire la registrazione, la convalida, l'aggiornamento e l'archiviazione di dati sia in chiaro che ulteriormente protetti da crittografia verificabili da ciascun partecipante, non alterabili e non modificabili"¹⁰.

La portata di tale intervento merita di essere valorizzata: non ha una mera valenza definitoria, ma segna il riconoscimento giuridico del fenomeno e l'apertura del nostro ordinamento al progresso tecnologico, legittimando le operazioni che avvengono tramite registri distribuiti¹¹.

Nonostante l'importanza di tale riconoscimento, la definizione legislativa non è esente da criticità. Parte della dottrina¹² ha valutato la norma come eccessivamente restrittiva, per la scelta di aver limitato l'uso dello strumento alla sola esecuzione di programmi informatici ed escludendo altre potenziali applicazioni. I maggiori dubbi hanno riguardato, però, il riferimento normativo all'idea che "l'esecuzione del programma vincoli le parti", formulazione che, se intesa in senso letterale, rischierebbe di sovvertire il principio consensualistico, facendo discendere il vincolo non già dall'incanto delle volontà, ma dal momento esecutivo.

Il legislatore europeo, a sua volta, più di recente, è intervenuto, dedicando agli *smart contracts* l'art. 36 del Data Act (Reg. 2023/2854)¹³, in cui lo *smart contract* è intuitivamente definito uno strumento compatibile

8. BELLOMIA 2020, par. 1.

9. Come evidenziato da GAMBINO-BOMPRESZI 2019, p. 626, la chiave pubblica coincide con l'account dell'utente e, in quanto pubblica, può essere conosciuta da tutti. Ad essa, poi, viene abbinata una chiave "privata", che in quanto tale rimane segreta. Così operando, i messaggi destinati ad un determinato soggetto vengono criptati con la sua chiave pubblica, di modo che possa avervi accesso esclusivamente con la sua chiave privata.

10. Senza alcuna pretesa di esaustività, sul sintagma e sulla definizione di *smart contract*: CAPACCIOLI 2016; PIATTI 2016; CUCCURU 2017; DI SABATO 2017; BELLINI 2018; GIULIANO 2018; LEMME 2019; CONTALDO-CAMPARA 2019; DI CIOMMO 2019-B; DI GIOVANNI 2019, p. 1679, nota 9; DI GIOVANNI 2020; PARDOLESI-DAVOLA 2019; PERNICE 2019; STAZI 2019; RAMPONE 2020; LONGOBUCCO 2021; BATTELLI 2022; DI NELLA 2022; MARTONE 2022; MAUGERI 2021, spec. pp. 28 ss. Per ulteriori riferimenti si veda SALITO 2019.

11. In tal senso, in particolare: GIACCAGLIA 2021; GIACCAGLIA 2019; BELLOMIA 2020, par. 1.

12. Sull'esegesi dell'art. 8-ter d.l. n. 135/2018, si richiamano le osservazioni di BIVONA 2021, pp. 779-780, la quale individua nell'automatismo del vincolo e nell'impiego delle DLT i pilastri della nozione di *smart contract*.

13. Art. 36, Regolamento (UE) 2023/2854 del Parlamento e del Consiglio del 13 dicembre 2023 riguardante norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo e che modifica il regolamento (UE) 2017/2394 e la direttiva (UE) 2020/1828 (regolamento sui dati).

con l'immaterialità dei dati e idoneo a strutturare esecuzioni complesse in tempo reale¹⁴.

All'art. 2, punto 39, lo stesso Reg. 2023/2854, definisce lo *smart contract*: "un programma informatico utilizzato per l'esecuzione automatica di un accordo o di parte di esso utilizzando una sequenza di registrazioni elettroniche di dati e garantendone l'integrità e l'accuratezza del loro ordine cronologico" (art. 2, Reg. 2023/2854, punto 39). La scelta di non fare riferimento ai "registri distribuiti" (come invece avvenuto per il legislatore italiano) è da collegarsi alla volontà di garantire la c.d. neutralità tecnologica¹⁵.

Va rilevato, però, che se ad oggi gli *smart contracts* dipendono da una qualche forma di registro distribuito, domani potrebbero effettivamente diffondersi nuove tecnologie idonee a raggiungere lo stesso scopo di strutturare (almeno nella prospettiva del legislatore europeo) una sequenza di registrazioni elettroniche di cui viene garantita l'integrità e l'accuratezza del loro ordine cronologico¹⁶.

Ebbene, per non creare disarmonie regolatorie, anche gli accordi eseguiti tramite queste altre tecnologie dovranno dirsi *smart contract*; termine che così si eleva a paradigma generale di tal tipo di esecuzioni informatiche¹⁷.

Per certo, il mancato riferimento ai registri distribuiti nell'ambito di un inquadramento da parte del legislatore europeo dello *smart contract* in una vicenda puramente esecutiva appare rappresenta una definizione riduttiva se confrontata con quella del legislatore italiano sopra esaminata, appalesando quantomeno una diffidenza se non una vera e propria presa di distanza verso tale strumento.

Il primo problema che la regolazione europea vuole risolvere è, infatti, quello della possibile esecuzione indesiderata dovuta ad errori di programmazione ed è a questo fine che si richiedono accanto a requisiti di

tipo c.d. strutturale, come quelli della "archiviazione e continuità dei dati" e del "controllo all'accesso", anche quelli di corretta scrittura del codice, articolati in "robustezza" e "coerenza con l'accordo": il primo mira a evitare errori funzionali e intromissioni malevoli, il secondo impone la concordanza tra contratto ed effetto del programma informatico¹⁸. Si innesta qui, come ben si comprende, la delicata questione delle invalidità degli *smart contracts*.

3. La questione delle invalidità degli *smart contracts*

L'introduzione e la sempre maggiore diffusione degli *smart contracts* ha generato un intenso dibattito dottrinale, inizialmente condizionato da una marcata incertezza interpretativa dovuta alla natura interdisciplinare del fenomeno¹⁹. La necessità di far dialogare competenze giuridiche, economiche e informatiche ha inizialmente portato a una visione focalizzata sulla traduzione del precetto negoziale in codice software.

Tuttavia, per il giurista, il punto centrale non risiede nella comprensione tecnica del codice algoritmico, bensì nella sua rilevanza precettiva: occorre stabilire entro quali limiti l'esecuzione automatizzata possa produrre effetti vincolanti e quali rimedi l'ordinamento predisponga a fronte di eventuali esiti patologici²⁰.

Per queste ragioni, l'indagine deve necessariamente spostarsi dal piano della mera categorizzazione dello *smart contract* a quello delle invalidità. La questione centrale consiste nel verificare la compatibilità dei tradizionali rimedi contrattuali con un regolamento contrattuale basato sull'automatismo algoritmico. L'esecuzione digitale, infatti, tende ad anticipare e cristallizzare gli effetti del negozio, riducendo lo spazio per l'intervento umano e rendendo apparentemente complessa l'attivazione dei rimedi contrattuali²¹.

14. Cfr. STAZI 2019, pp. 112-113.

15. Considerando n. 104, Reg. 2023/2854.

16. Cfr. BASSAN-RABITTI 2023.

17. PELLEGRINI 2024, p. 375.

18. *Ivi*, p. 375.

19. Cfr. BELLOMIA 2020, par. 1.

20. Sul tema della tenuta delle categorie giuridiche tradizionali si vedano, tra gli altri: PAROLA-MERATI-GAVOTTI 2018; CERRATO 2019.

21. In argomento, v. PERLINGIERI 2015, p. 1245, la quale, richiamando l'idea di una "disumanizzazione del contratto", osserva che "la robotica si manifesta incline a riproporre l'antico e mai sopito dibattito sul ruolo dell'accordo nel fenomeno contrattuale".

Proprio questa pretesa autosufficienza del meccanismo informatico impone di ribadire che l'effetto algoritmico non può restare immune dal controllo di conformità rispetto all'ordinamento. A differenza del contratto tradizionale, dove l'interpretazione accompagna la fase esecutiva, nello *smart contract* si rende indispensabile un controllo *ex post* ancora più rigoroso. Poiché l'effetto si produce senza mediazione umana, l'interprete è chiamato a garantire che il risultato dell'algoritmo sia coerente con gli interessi delle parti e che non si verifichi una frizione tra la "logica del codice" e le norme imperative o i principi generali.

In definitiva, affrontare il tema delle invalidità degli *smart contracts* significa riaffermare l'unità dell'ordinamento e la necessaria supremazia del controllo giuridico sul progresso tecnologico.

3.1. La natura giuridica dello *smart contract* tra codice algoritmico e accordo

La locuzione *smart contract* viene spesso utilizzata per indicare fenomeni eterogenei, non sempre riconducibili alla categoria contrattuale in senso stretto. Per definire correttamente il regime delle invalidità, è dunque necessario analizzare i diversi modelli di interazione tra codice e accordo.

In una prima prospettiva, il codice informatico non esaurisce la fattispecie negoziale, ma ne presuppone l'esistenza esterna. In questo modello (maggiormente fedele all'intuizione di Szabo), l'accordo si perfeziona secondo i canoni tradizionali – spesso in linguaggio naturale – delegando all'algoritmo la sola fase esecutiva²². Specularmente, una seconda tesi configura il codice algoritmico quale veicolo esclusivo della volontà: qui il linguaggio computazionale incorpora e manifesta il consenso, rendendo il codice la fonte diretta del precetto²³. Altri studiosi, invece, guardano allo *smart contract* non quale contratto ma come strumento che si pone al di fuori dei sistemi di regolazione delle relazioni

giuridiche contrattuali comunemente intese, limitandone il campo di applicazione al solo ambito informatico, negando qualsivoglia natura di contratto vincolante²⁴.

La distinzione tra queste configurazioni incide direttamente sul versante delle patologie: se nel primo caso un difetto del software si traduce in un mero inadempimento del contratto presupposto, nel secondo il sindacato di validità deve investire direttamente il regolamento informatico in quanto atto costitutivo del rapporto.

Nemmeno l'impiego di sistemi di *self-learning*, in cui la determinazione del contenuto contrattuale è affidata ad algoritmi di apprendimento automatico, sembra poter scardinare le categorie civilistiche. Nonostante la rarefazione della volontà umana, l'algoritmo, infatti, non diviene un centro autonomo di imputazione giuridica: la responsabilità degli effetti risale pur sempre al soggetto che, decidendo di avvalersi dello strumento, ne assume il rischio. Tale schema permette di ricondurre il fenomeno nell'alveo dell'art. 1321 c.c., poiché la volontà di vincolarsi a un determinato assetto di interessi resta l'elemento qualificante del rapporto.

In definitiva, proprio per il fatto che lo *smart contract* possa assumere tanto una funzione meramente strumentale (esecutiva) quanto una funzione propriamente costitutiva²⁵, lo *smart contract* non può sottrarsi (in entrambi i casi) ai processi di interpretazione ed eteroregolamentazione. L'apparente "inconferenza" dei rimedi tradizionali di fronte alla rigidità algoritmica, pertanto, è solo temporanea: l'immutabilità tecnica non può farsi schermo per eludere norme imperative e principi di ordine pubblico.

La stessa necessità di ricorrere a "oracoli" esterni per collegare il registro distribuito alla realtà fattuale testimonia l'insufficienza del codice a governare integralmente la complessità del contrarre.

Ne deriva che l'attività del giurista non si esaurisce nella fase di programmazione *ex ante*, ma si

22. Cfr. JANSSEN-PATTI 2020, p. 40, secondo i quali ad essere automatizzata sarebbe tendenzialmente la sola esecuzione del contratto, mentre la sua conclusione "non avviene in modo automatico, bensì in forza della sequenza proposta-accettazione, senza l'ausilio di intelligenza artificiale". Ancor più netto LABELLA 2020, p. 43, secondo il quale gli *smart contracts* sarebbero "solo una modalità di esecuzione del contratto molto particolare, ma nulla di più. Una modalità di esecuzione che però prescinde da qualsivoglia attività umana, sia delle parti sia dei terzi".

23. In tal senso: DI SABATO 2017, p. 392 ss.; GIULIANO 2018, p. 989 ss.

24. RAMPONE 2020, p. 255.

25. TOMMASINI 2022, spec. p. 850.

impone necessariamente *ex post*. È solo attraverso il controllo sul “risultato” prodotto dall’automatismo che l’interprete può verificare se il processo digitale abbia rispettato i limiti posti dall’ordinamento, aprendo la strada alla disamina dei requisiti essenziali e delle possibili patologie genetiche dell’intesa.

4. Invalidità per difetto di accordo o vizi della volontà

L’indagine sulla tenuta delle categorie civilistiche nel contesto tecnologico deve partire necessariamente dal piano del consenso.

Lo *smart contract*, infatti, non si pone come un’alternativa alla volontà contrattuale richiesta dagli artt. 1321 ss. c.c., né può sostituirla: sebbene l’automatismo esecutivo sia l’elemento di novità tecnica, il consenso rimane un attributo esclusivo dell’agire umano. La corretta esecuzione del *software* non garantisce, di per sé, che l’esito digitale corrisponda al reale assetto di interessi voluto dalle parti.

Il primo potenziale profilo patologico riguarda dunque la genuinità del consenso.

È ormai assodato che l’esecuzione automatica possa risultare distonica rispetto alla volontà dei contraenti, sia a causa di errori di programmazione che di vizi genetici. Poiché il contratto è lo strumento per la realizzazione di interessi umani,

il “prodotto” dell’algoritmo deve essere sottoposto a un sindacato di conformità rispetto alle aspettative delle parti: qualora tale convergenza manchi, l’intervento rimediabile *ex post* diventa ineludibile²⁶.

Esistono ipotesi tipiche di scollamento tra la volontà (*voluntas*) e il precetto informatico (*dictum*): si pensi all’errore ostativo²⁷ nella forma della “codificazione infedele”, alle interferenze esterne come l’*hackeraggio* o ai fenomeni di *imprévision*²⁸. In questi casi, il risultato negoziale non è realmente imputabile all’intenzione dei contraenti. Pertanto, il controllo giudiziale non può limitarsi alla regolarità formale del codice, ma deve indagare la sussistenza di una volontà integra e le eventuali patologie che ne abbiano minato la formazione.

Una questione centrale sorge quando la divergenza deriva da un errore nella traduzione tecnica dell’accordo (la c.d. codificazione infedele). In tale scenario, occorre bilanciare la tutela del contraente caduto in errore con l’affidamento della controparte sulla stabilità del codice.

Data la natura della tecnologia *blockchain* – ecosistema caratterizzato dall’immutabilità – tende a prevalere il principio di autoresponsabilità e la tutela dell’affidamento: chi sceglie di utilizzare un linguaggio computazionale accetta i rischi intrinseci alla tecnologia e rimane, in linea di principio, vincolato al significato oggettivo del codice²⁹.

Ciò nonostante, il principio di autoresponsabilità non è assoluto. Restano ferme sia la

26. Si è condivisibilmente rilevato come l’automazione dello *smart contract* non valga a immunizzare la fattispecie delle patologie genetiche del negozio. In dottrina (PAROLA-MERATI-GAVOTTI 2018, p. 686), si osserva, difatti, come non possa escludersi un’erronea trasposizione della volontà nel codice informatico – configurabile in termini di errore ostativo – né che il perfezionamento dell’accordo avvenga in presenza di vizi del consenso quali il dolo o la violenza. Parimenti, l’impiego della tecnologia *blockchain* non esclude le ipotesi di annullabilità connesse all’incapacità di agire del contraente o a un errore essenziale e riconoscibile (cfr. GIANCASPRO 2017). Tali evidenze confermano la necessità di ricondurre lo strumento tecnologico entro le coordinate del diritto comune, garantendo l’esperibilità dei rimedi tipici a tutela della genuinità del processo formativo della volontà.

27. L’errore ostativo, in forza del rinvio di cui all’art. 1433 c.c., si ha quando la volontà si forma correttamente ma viene comunicata o trasmessa in modo erroneo (BATTELLI 2026, p. 324). Emerge, dunque, una discrasia non intenzionale tra il voluto e il dichiarato, che sottostà allo statuto sull’errore-vizio.

28. LONGOBUCCO 2023-B, p. 180.

29. In ordine alla possibile divergenza tra l’intento negoziale e la sua traduzione in linguaggio algoritmico (fase di *coding*), ovvero tra la clausola codificata e l’*output* generato da un malfunzionamento del software, la dottrina ha richiamato il paradigma del “rischio informatico” (su cui GAMBINO 1997, p. 143 ss.; TOSI 2010, p. 225 ss.), già consolidato nell’alveo dei contratti telematici (su cui si veda BATTELLI 2024, p. 85 ss.). Secondo tale condivisibile impostazione, l’impiego di protocolli automatizzati per la manifestazione della volontà negoziale comporta l’assunzione, in capo al dichiarante, della responsabilità tendenzialmente per ogni esito generato dallo strumento, ancorché non corrispondente all’effettivo *desideratum*. Come osservato da BIVONA 2021, p. 787, tale soluzione

responsabilità contrattuale del tecnico programmatore³⁰, sia la possibilità di annullare lo *smart contract* qualora l'errore sia essenziale e riconoscibile ai sensi dell'art. 1428 c.c.³¹

In conclusione, l'irreversibilità tecnica non deve tradursi in un'eclissi del controllo sul consenso: il linguaggio binario non può costituire una "zona franca" sottratta alle regole ordinarie sulle invalidità del negozio giuridico³².

5. Invalidità per illiceità o impossibilità dell'oggetto

Accanto alla dimensione procedurale del consenso, un secondo possibile crinale patologico attiene all'oggetto del contratto, inteso come prestazione o contenuto del regolamento di interessi. La circostanza che lo *smart contract* sia programmato per l'attuazione automatica di attribuzioni patrimoniali – dal trasferimento di asset digitali all'erogazione di servizi – non interferisce, *de jure*, con il giudizio di liceità e possibilità richiesto dall'ordinamento.

L'automatismo esecutivo non è cioè idoneo a neutralizzare il controllo assiologico: la natura computazionale del vincolo non può fungere da esimente per prestazioni contrastanti con norme imperative, ordine pubblico e buon costume.

L'immodificabilità dei dati registrati su *distributed ledger*, sebbene costituisca un dato tecnico-fattuale di estremo rilievo, resta priva di

efficacia scriminante sul piano della qualificazione giuridica³³. Ne deriva che l'interprete è chiamato a operare una netta scissione tra il piano dell'effettività tecnologica e quello della validità negoziale.

Qualora l'oggetto risulti illecito o originariamente impossibile, la sanzione della nullità opera *ipso iure*, indipendentemente dall'avvenuta esecuzione del codice. L'avvenuta cristallizzazione della prestazione entro il registro distribuito non sana il vizio genetico, né trasforma un'operazione vietata in un atto lecito.

In questa prospettiva, l'automatismo algoritmico non altera la struttura del vizio, bensì incide esclusivamente sulla dimensione rimediale.

6. Invalidità per difetto di forma: forma, imputabilità e identificazione delle parti

Se l'analisi dell'oggetto contrattuale permette di applicare con relativa linearità le categorie tradizionali, il tema della forma richiede una riflessione più complessa, spostando l'attenzione dal contenuto del precetto alla sua "vestizione" giuridica. La criticità principale risiede nel fatto che l'accordo si manifesti esclusivamente tramite linguaggio informatico: occorre dunque verificare se il codice algoritmico possa assolvere alle funzioni di garanzia e ponderazione proprie del formalismo negoziale, specialmente laddove sia richiesta la forma scritta *ad substantiam*.

deriva dalla sintesi tra i principi di autoreponsabilità e tutela dell'affidamento, trovando la propria giustificazione assiologica nel brocardo *ubi commodum, ibi incommodum*. Ne consegue che il rischio di eventuali errori di trasmissione o di traduzione informatica del consenso viene allocato in capo al soggetto che sceglie di avvalersi della tecnologia algoritmica, quale contropartita dei benefici – in termini di efficienza e rapidità – derivanti dall'automazione dei processi contrattuali.

30. Sul tema dei vizi di programmazione, si condividono le riflessioni di TOMMASINI 2022, pp. 853-854, la quale evidenzia come la presenza di "gravi errori di progettazione (*bugs*)" o deficit di operatività della *blockchain* possa determinare esiti negoziali "molto dissimili" dalle previsioni originarie dei contraenti. L'A. osserva acutamente come l'apparente inalterabilità del registro distribuito non escluda il rischio di malfunzionamenti.

31. TOMMASINI 2022, p. 852 sottolinea la necessità di un distinguo basato sulla qualità professionale dei contraenti per determinare la soglia di diligenza rilevanti ai fini della riconoscibilità dell'errore.

32. Si condividono le conclusioni di BELLOMIA 2020, secondo cui: "In conclusione, l'autonomia contrattuale è preservata in relazione al momento di formazione del contratto – sono le parti che stabiliscono il contenuto del loro accordo e che esprimono la volontà di vincolarsi e restano salvi [...] i rimedi previsti contro le alterazioni dell'espressione di un consenso consapevole e libero, come la disciplina dei vizi del consenso e della incapacità – è "limitata" solo nella fase di esecuzione, compatibilmente a quanto previsto nell'ordinamento, secondo cui, come si vedrà, l'esecuzione non è un atto di autonomia negoziale ma un atto dovuto '*solvendi causa*'".

33. È il noto tema del *Code is Law* teorizzato da LESSIG 1999, ma reinterpretato dalla dottrina civilistica come subordinato alla *Law of the Code*. Sul punto, ALPA 2021.

Sotto il profilo sistematico, lo *smart contract* è riconducibile alla nozione di documento informatico ai sensi del Codice dell'Amministrazione Digitale (CAD) e del Regolamento eIDAS³⁴, soggiacendo pertanto alla disciplina sull'efficacia probatoria e sulla validità formale. In linea di principio, il requisito della forma scritta può considerarsi soddisfatto qualora vengano rispettati i presupposti dell'art. 20 del CAD: l'utilizzo di una firma elettronica qualificata (o digitale) o, in alternativa, una formazione del documento che garantisca sicurezza, integrità e immodificabilità, previa identificazione informatica dell'autore.

A questo impianto generale si aggiunge la disciplina speciale dell'art. 8-ter del d.l. n. 135/2018, che condiziona il soddisfacimento del requisito della forma scritta a un processo di identificazione delle parti conforme ai requisiti tecnici fissati dall'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID)³⁵.

Nonostante l'evoluzione di soluzioni tecniche come la *Self-Sovereign Identity* (SSI), rimane fermo un principio cardine: se il codice rappresenta l'unica manifestazione dell'accordo ma non soddisfa i requisiti legali di imputabilità, il contratto deve ritenersi radicalmente nullo per difetto di forma ai sensi dell'art. 1418, comma 2, c.c.

7. Invalidità civilistiche e rimedi demolitori tra automatismo esecutivo e programmi-ponte

L'analisi dei requisiti strutturali conduce necessariamente a interrogarsi sulla tenuta delle categorie di nullità e annullabilità di fronte all'ineluttabilità dell'esecuzione algoritmica. Il rigore metodologico

impone una precisazione: l'impiego di tecnologie avanzate non giustifica una deroga ai paradigmi civilistici. Pertanto, la nullità continua a colpire lo *smart contract* in presenza di difetti di accordo, illiceità della causa o mancanza di forma, così come l'annullabilità resta a presidio dell'integrità del volere contro vizi quali errore, dolo o violenza: il vizio è intrinseco al regolamento contrattuale, a prescindere dal *medium* utilizzato.

Tuttavia, sul piano dell'effettività emerge una profonda frizione tra la teoria del negozio e la struttura tecnica dei registri distribuiti. L'automatismo esecutivo genera infatti una scollatura tra la validità del titolo e la produzione degli effetti, i quali si realizzano meccanicamente per impulsi digitali. Questa "indifferenza tecnologica" del codice algoritmico rispetto alle patologie genetiche del negozio rappresenta il principale ostacolo all'efficacia dei rimedi civilistici³⁶: una volta attivato il protocollo, la prestazione viene eseguita senza margini di interruzione, espellendo di fatto il ricorso all'autotutela (come l'eccezione di inadempimento)³⁷.

Si assiste, in tal modo, ad una sorta di "*solve et repete*" tecnologico che opera ben oltre i confini dell'art. 1462 c.c.³⁸: l'adempimento diviene inevitabile anche se il contratto è nullo, precludendo l'uso dei rimedi tipici durante la fase esecutiva. La cristallizzazione delle transazioni nella *blockchain* esaspera questa crisi: l'orientamento del sistema all'immutabilità (*immutability by design*)³⁹ appare difficilmente conciliabile con strumenti quali la rettifica o lo scioglimento per sopravvenienze⁴⁰.

Tale aporia ha spinto parte della dottrina a ipotizzare l'inapplicabilità dei rimedi demolitori

34. Regolamento (UE) n. 910/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 luglio 2014, in materia di identificazione elettronica e servizi fiduciari per le transazioni elettroniche nel mercato interno.

35. Per un'analisi critica dell'art. 8-ter e delle incertezze applicative legate al rinvio alle linee guida AgID, si veda BENEDETTI 2021.

36. In ordine all'ineluttabilità del meccanismo esecutivo, si richiamano le osservazioni di BIVONA 2021, p. 789, la quale sottolinea come la logica binaria *if-then* sia strutturalmente orientata alla "sopravvivenza del rapporto 'ad ogni costo'".

37. Cfr. BATTELLI 2020.

38. Cfr. BIVONA 2021, p. 790-791, laddove evidenzia come il meccanismo *if-then* configuri una sorta di clausola *solve et repete* che travalica i limiti inderogabili dell'art. 1462 c.c.

39. E però, dall'altro lato, come rilevato da CUCCURRU 2017, p. 113, "la profonda automazione ed il grado di certezza garantito dagli smart contract si tradurrebbe in un minore dispendio di risorse nella fase negoziale e di esecuzione del contratto, nonché una significativa riduzione del rischio di insorgenza di controversie tra le parti".

40. NUZZO 2021.

allo *smart legal contract*, degradando la tutela a meri obblighi restitutori o risarcitori da esperire *off-chain*⁴¹.

Una simile conclusione non può essere accolta, poiché sancirebbe la supremazia della tecnica sulla norma, degradando il diritto a variabile dipendente della tecnica⁴². L'irreversibilità tecnologica non può equivalere a una sanatoria giuridica: l'incapacità del registro distribuito di "cancellare" un effetto non impedisce all'ordinamento di qualificare quel risultato come invalido e privo di causa.

Il problema, dunque, si sposta dal piano della qualificazione a quello dell'effettività del rimedio. Se la tutela non è praticabile *on-chain*, essa deve trovare attuazione attraverso obbligazioni restitutorie esterne o, in una prospettiva più evoluta, mediante l'integrazione di clausole di *re-coding* o *reverse transaction* direttamente nell'architettura del codice. È su questo crinale – la transizione dalla *Rule of Law* alla *Rule of Law by Design* – che si gioca la sfida per un'automazione contrattuale realmente conforme ai valori propri del sistema civilistico.

La riflessione giuridica oscilla tra due soluzioni. La prima accetta l'inapplicabilità dei rimedi *on-chain*, relegando la tutela a una dimensione risarcitoria esterna. La seconda via, più ambiziosa, persegue l'integrazione della legalità contrattuale direttamente nell'architettura algoritmica: è l'orizzonte della *Rule of Law by Design*.

Il rapporto tra *smart contract* e Stato, d'altronde, è caratterizzato proprio da una doppia autonomia: funzionale, giacché lo *smart contract* fa a meno

dell'*enforcement* pubblico; tecnica perché, anche volendo, le mani dello Stato non possono arrivare a toccare ciò che gira su un registro distribuito⁴³.

In concordanza con tale duplice autonomia, se il rimedio esperibile contro lo "*smart contract* illegale" è di tipo *ex post*, quest'ultimo appare essere il rimedio restitutorio/risarcitorio⁴⁴ chiaramente attuato tramite una "tradizionale" sentenza (dichiarativa o costitutiva) del giudice⁴⁵, se del caso, eseguendola sui beni (fisici) dell'obbligato o, comunque, per il tramite di strumenti di composizione extragiudiziale (ADR/ODR)⁴⁶. Tale rimedio, peraltro, chiaramente, presuppone che l'obbligato sia visibile e determinato e perciò non cripto-anonimo come invece la tecnologia permetterebbe di fare⁴⁷.

Gli sforzi per immaginare tecniche volte a garantire un recupero di legalità dello *smart contract* che possa dispiegare i suoi effetti sulla stessa *blockchain*, sono quelli che si fondano sull'idea dei c.d. "programmi ponte"⁴⁸. Una volta impostato lo *smart contract*, questo viene setacciato da un altro programma che ha l'obiettivo – come un avvocato che assiste la redazione di un contratto – di evidenziare l'ipotetica violazione di una norma imperativa o qualche altra forma di impaccio giuridico. Questo programma viene definito "programma-ponte" perché la sua funzione è proprio quella di mettere in comunicazione ordinamento e *smart contract*⁴⁹.

Il programma ponte non risolve comunque tutte le zone di attrito tra ordinamento e *smart contract*, lasciando fuori tutto ciò che non si collega ad

41. DI GIOVANNI 2019, p. 1680, discorre di "impermeabilità" ai rimedi giurisdizionali. DI SABATO 2017, p. 401, evidenzia il fatto che i contraenti "accettano convenzionalmente questa modalità di esecuzione, con ciò rinunciando agli strumenti di autotutela che l'ordinamento mette generalmente a loro disposizione".

42. Cfr. DI SABATO 2017, p. 401.

43. Alcuni recenti "sequestri di Bitcoin" ribadiscono l'inviolabilità della *blockchain*, essendo condizionati all'impossessamento, da parte dell'autorità, della chiave privata dell'utente e poi attuati mediante il successivo trasferimento dei Bitcoin su un conto aperto dal tribunale. Lo Stato non può dunque intervenire direttamente sulla *blockchain*. Cfr. FINOCCHIARO 2019, p. 104, che in tema di cripto-valute nota come queste siano di fatto sottratte al regime dell'art. 2740 c.c. a meno che non venga introdotto un obbligo, sanzionato penalmente, di rivelare al giudice le proprie chiavi digitali.

44. V. ad es. RASKIN 2016, p. 322; SARZANA DI S. IPPOLITO-NICOTRA 2018, p. 98 ss.

45. Ipotesi esclusa da parte della dottrina; si veda: PELLEGRINI 2024, p. 371 s.

46. ESTCOURT 2022, LIVINGSTON-MOIR 2022. Cfr. EUROPEAN LAW INSTITUTE 2022, pp. 36-37.

47. CUTTS 2019.

48. WERBACH-CORNELL 2017.

49. PELLEGRINI 2024, p. 372 s.

un'illegalità del contratto stesso. In altre parole, per fare un esempio, un programma ponte non appare abile – come potrebbe esserlo invece uno Stato *super-user* – ad incardinare un'azione revocatoria (art. 2901 c.c.) operativa su una *blockchain*⁵⁰.

8. Il rimedio del *re-coding*

Il terreno dell'effettività della tutela rappresenta il punto di massima tensione sistematica per lo *smart contract*. Anche in presenza di un titolo originariamente valido, possono insorgere patologie sopravvenute – dall'impossibilità della prestazione all'eccessiva onerosità, sino all'illiceità del contenuto – che nel sistema civilistico attiverebbero rimedi risolutivi o manutentivi⁵¹. Tuttavia, l'architettura dei *distributed ledgers* non contempla fisiologicamente interruzioni del flusso esecutivo, rischiando di trasformare l'automatismo in un'attribuzione patrimoniale priva di giustificazione causale.

In quest'ottica si inserisce la proposta del *re-coding*⁵². Esso non consiste nella semplice rimozione degli effetti, ma in una vera e propria "riscrittura" del (codice e cioè del) protocollo informatico viziato⁵³. Il *re-coding* opera una sostituzione del testo informatico con un regolamento conforme al dettato normativo, realizzando una forma di tutela che è al contempo caducatoria (rispetto al vecchio codice) e conservativa (poiché permette la prosecuzione del rapporto su basi legittime)⁵⁴. Tale rimedio risponde al principio di conservazione del negozio e al *favor contractus*, configurandosi come una declinazione tecnologica della rettifica o dell'integrazione cogente.

L'attivazione del *re-coding*, però, non può essere rimessa a iniziative unilaterali, ma deve ancorarsi a un input esterno qualificato, come una decisione giurisdizionale o un lodo arbitrale, recepito dal sistema attraverso gli oracoli⁵⁵. In questo modo, lo *smart contract* può farsi veicolo di una gestione conservativa dei rapporti negoziali conforme ai principi del Codice civile. Infatti, il sistema può prevedere meccanismi di adeguamento automatico volti a ricondurre l'operazione ad equità, trasformando la rigidità dell'algoritmo in uno strumento di resilienza contrattuale⁵⁶.

La sfida per il giurista (e per il giudice in particolare) consiste, in definitiva, nell'impedire che l'efficienza dell'algoritmo crei "zone d'ombra" nei diritti dei contraenti, garantendo che il primato della norma sopravviva alla sua traduzione in bit e che la *Lex Cryptographica* resti sempre soggetta al controllo di legittimità dell'ordinamento.

9. Considerazioni finali

Ciò su cui si stanno concentrando gli sforzi dei programmatori è, allora, una tecnica di risoluzione delle controversie poggiata sulla stessa comunità che anima la *blockchain*, una sorta di "arbitrato digitale" (cfr. art. 806 c.p.c.)⁵⁷, invocabile da una parte e le cui decisioni potranno divenire operative *on-chain* tramite il sistema degli oracoli. Sono evidenti ragione e limiti di tale indirizzo: la ragione è che così è possibile depotenziare alcuni risvolti problematici degli *smart contracts* senza doversi necessariamente affidare al sistema giudiziario tradizionale, il limite è l'altra faccia di tale ragione, senza il sistema giudiziario tradizionale, le sue garanzie e le tutele che predispone

50. *Ivi*, p. 373.

51. Cfr. LONGOBUCCO 2023-B, pp. 188-190, il quale sottolinea come "Se, allora, si deve prendere atto, da un lato, che le tutele tradizionali da esperire in sede giudiziale potranno produrre i loro effetti unicamente off-chain e, dunque, fuori dalla dimensione del digitale, dall'altro lato, la tecnologia peer-to-peer favorisce, di gran lunga, l'esercizio dei rimedi civili in sede stragiudiziale o arbitrale direttamente on-chain".

52. Sul punto, per tutti, LONGOBUCCO 2023-B, p. 188 ss.

53. *Ivi*, p. 190.

54. *Ivi*, p. 192 ss.

55. In ordine ai limiti strutturali dell'automatismo, CUCCURRU 2017, p. 111, ha evidenziato come il ricorso agli "oracoli" – quali ponti informativi tra il registro distribuito e la realtà fenomenica – rappresenti un potenziale "elemento di vulnerabilità" e, al contempo, una "breccia nel carattere self-executing", comunemente attribuito a tali strumenti. Cfr. JANSSEN-PATTI 2020, p. 41.

56. *Ibidem*.

57. ESTCOURT 2022, p. 82 ss.

perdono di effettività e lasciano dunque immutato il nucleo profondo del problema qui descritto⁵⁸.

Il percorso argomentativo svolto dimostra come l'avvento del linguaggio algoritmico e dei registri distribuiti non postuli il superamento delle categorie tradizionali della teoria del negozio, né giustifichi la creazione di un diritto d'eccezione. Nullità, annullabilità e rimedi risolutivi conservano la propria funzione di presidio della legalità anche quando il regolamento negoziale assume la forma di una

stringa crittografica ad esecuzione automatizzata. La tecnologia deve rimanere un mezzo dell'autonomia privata e non il fine: l'ineluttabilità dell'automatismo, lungi dal limitare la tutela, impone un rinvigorito controllo sul "risultato" del codice.

Al giurista contemporaneo spetta il compito di garantire che la *lex algorithmica* non si traduca in una compressione dei diritti, assicurando che l'efficienza dell'algoritmo resti sempre subordinata ai valori fondamentali dell'ordinamento.

Riferimenti bibliografici

- J. ALLEN, P. HUNN (eds.) (2022), *Smart Legal Contracts: Computable Law in Theory and Practice*, Oxford University Press, 2022
- G. ALPA (2021), *Code is law: il bilanciamento dei valori e il ruolo del diritto*, in "Contratto e impresa", 2021, n. 2
- C. ATTANASIO (2024), *Inadempimento dello smart contract, sistema rimedi e tutela effettiva*, in "Rivista di diritto civile", 2024, n. 4
- F. BASSAN, M. RABITTI (2023), *Recenti evoluzioni dei contratti sulla blockchain. Dagli smart legal contracts ai 'contracts on chain'*, in "Rivista di Diritto Bancario", 2023, n. 3
- E. BATTELLI (2026), *Diritto privato. Fondamenti*, Le Monnier – Mondadori, 2026
- E. BATTELLI (2024), *La contrattazione on line*, in Id. (a cura di), "Diritto privato digitale", Giappichelli, 2024
- E. BATTELLI (2022), *Gli smart contracts nel mercato delle assicurazioni: limiti e opportunità*, in "Assicurazioni", 2022, n. 3
- E. BATTELLI (2020), *Le nuove frontiere dell'automatizzazione contrattuale tra codici algoritmici e big data: gli smart contract in ambito assicurativo, bancario e finanziario*, in "Giustizia civile", 2020, n. 4
- M. BELLINI (2018), *Smart contracts: che cosa sono, come funzionano, quali sono gli ambiti applicativi*, in www.blockchain4innovation.it, 2018
- V. BELLOMIA (2020), *Il contratto intelligente: questioni di diritto civile*, in www.judicium.it, 2020
- A.M. BENEDETTI (2021), *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in "Rivista di diritto civile", 2021, n. 3
- G. BEVIVINO (2024), *Smart contract e "assestamenti" della disciplina generale del contratto*, in "Contratto e impresa", 2024, n. 2
- E. BIVONA (2021), *Smart contracts e interferenze con la disciplina sui contratti: il sistema dei rimedi alla prova degli algoritmi*, in "Persona e Mercato", 2021, n. 4
- S. CAPACCIOLI (2016), *"Smart contracts": traiettoria di un'utopia divenuta attuabile*, in "Cyberspazio e diritto", 2016, n. 1-2
- S.A. CERRATO (2019), *Contratti tradizionali, diritto dei contratti e smart contract*, in R. Battaglini, M.T. Giordano (a cura di), "Blockchain e smart contracts", Giuffrè, 2019

58. Così PELLEGRINI 2024, p. 372, il quale evidenzia come: "La configurazione del rimedio restitutorio dovrebbe bastare per poter concludere che l'intento di emancipare la circolazione delle utilità dall'*enforcement* pubblico non significa costruire una zona franca inaccessibile all'ordinamento".

- A. CONTALDO, F. CAMPARA (2019), *Blockchain, criptovalute, smart contract, industria 4.0. Registri digitali, accordi giuridici e nuove tecnologie*, Pacini Giuridica, 2019
- P. CUCCURU (2017), *Blockchain ed automazione contrattuale. Riflessione sugli smart contract*, in “Nuova giurisprudenza civile commentata”, 2017, n. 2
- T. CUTTS (2019), *Smart Contracts and Consumers*, in “West Virginia Law Review”, vol. 122, 2019
- F. DI CIOMMO (2019-A), *Blockchain, smart contract, intelligenza artificiale (AI) e trading algoritmico; ovvero, del regno del non diritto*, in “Rivista degli infortuni e delle malattie professionali”, 2019, n. 1
- F. DI CIOMMO (2019-B), *Gli smart contracts e lo smarrimento del giurista nel mondo che cambia. Il caso dell’high frequency trading finanziario*, in F. Fimmanò, G. Falcone (a cura di), “Fintech”, Edizioni Scientifiche Italiane, 2019
- F. DI GIOVANNI (2020), *Sui contratti delle macchine intelligenti*, in U. Ruffolo (a cura di), “Intelligenza artificiale. Il diritto, i diritti, l’etica”, Giuffrè, 2020
- F. DI GIOVANNI (2019), *Attività contrattuale e Intelligenza Artificiale*, in “Giurisprudenza italiana”, 2019
- L. DI NELLA (2022), *Smart Contract, Blockchain e interpretazione dei contratti*, in “Rassegna di diritto civile”, 2022, n. 1
- D. DI SABATO (2017), *Gli smart contracts: robot che gestiscono il rischio contrattuale*, in “Contratto e impresa”, 2017, n. 2
- J. Estcourt (2022), *Smart Contracts and Dispute Resolution: Faster Horses or a New Car?*, in J. Allen, P. Hunn (eds.), “Smart Legal Contracts: Computable Law in Theory and Practice”, Oxford University Press, 2022
- EUROPEAN LAW INSTITUTE (2022), *Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection*, Universität Wien, 2022
- G. FINOCCHIARO (2019), *Le cripto-valute come elementi patrimoniali assoggettabili alle pretese esecutive dei creditori*, in “Rivista di diritto processuale”, 2019
- A.M. GAMBINO (1997), *L’accordo telematico*, Giuffrè, 1997
- A.M. GAMBINO, C. BOMPRESZI (2019), *Blockchain e protezione dei dati personali*, in “Diritto dell’informazione e dell’informatica”, 2019, n. 3
- M. GIACCAGLIA (2021), *Il contratto del futuro? Brevi riflessioni sullo smart contract e sulla perdurante vitalità delle categorie civilistiche attuali e delle norme vigenti del Codice civile italiano*, in “Tecnologie e diritto”, 2021
- M. GIACCAGLIA (2019), *Considerazioni su Blockchain e smart contracts (oltre le criptovalute)*, in “Contratto e impresa”, 2019, n. 3
- M. GIANCASPRO (2017), *Is a ‘smart contract’ really a smart idea? Insight from a legal perspective*, in “Computer Law & Security Review”, vol. 33, 2017, n. 6
- M. GIULIANO (2018), *La blockchain e gli smart contracts nell’innovazione del diritto nel terzo millennio*, in “Diritto dell’informazione e dell’informatica”, 2018, n. 6
- A.U. JANSSEN, F.P. PATTI (2020), *Demistificare gli smart contracts*, in “Osservatorio del diritto civile e commerciale”, 2020, n. 1
- E. LABELLA (2020), *Gli smart contract: riflessioni sulle prestazioni “autoesecutive” nel sistema di blockchain*, in “MediaLaws”, 2020, n. 3
- L. LESSIG (1999), *Code: And Other Laws of Cyberspace*, Basic Books, 1999
- G. LEMME (2019), *Gli smart contracts e le tre leggi della robotica*, in “Analisi Giuridica dell’Economia”, 2019

- M.C.D. LIVINGSTON, A. MOIR (2022), *Dispute Resolution for the Digital Economy*, in J. Allen, P. Hunn (eds.), "Smart Legal Contracts: Computable Law in Theory and Practice", Oxford University Press, 2022
- F. LONGOBUCCO (2023-A), *Utopia di un'autonoma Lex Cryptographi(c)a e responsabilità del giurista*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2023
- F. LONGOBUCCO (2023-B), *Smart contract e 'giusto rimedio civile' del re-coding tra Rule by Design e Rule of Law*, in A. Trezzini (a cura di), "Giornate della Ricerca del Dipartimento di Economia di Roma Tre", Roma TrE-Press, 2023
- F. LONGOBUCCO (2021), *Smart contract e 'contratto giusto'*, in "federalismi.it", 2021
- I. MARTONE (2022), *Gli Smart Contracts. Fenomenologia e funzioni*, Edizioni Scientifiche Italiane, 2022
- M. MAUGERI (2021), *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, il Mulino, 2021
- G. NUZZO (2021), *Gli smart contract tra esigenze di "calcolabilità" e gestione delle "sopravvenienze"*, in A. Guaccero, G. Nuzzo (a cura di), "Contenuto e limiti dell'autonomia privata in Germania e in Italia", Giappichelli, 2021
- R. PARDOLESI, A. DAVOLA (2019), "Smart contract": lusinghe ed equivoci dell'innovazione purchessia, in "Foro italiano", 2019, n. 5
- L. PAROLA, P. MERATI, G. GAVOTTI (2018), *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche aperte*, in "Contratti", 2018, n. 6
- C. PERLINGIERI (2015), *L'incidenza dell'utilizzazione della tecnologia robotica nei rapporti civilistici*, in "Rassegna di diritto civile", 2015, n. 4
- C. PERNICE (2019), "Smart contract" e automazione contrattuale: potenzialità e rischi della negoziazione algoritmica nell'era digitale, in "Diritto del mercato assicurativo e finanziario", 2019, n. 1
- T. PELLEGRINI (2024), *Gli smart contract*, in E. Battelli (a cura di), "Diritto privato digitale", Giappichelli, 2024
- L. PIATTI (2016), *Dal Codice Civile al codice binario: "blockchains" e "smart contracts"*, in "Cyberspazio e diritto", 2016, n. 3
- F. RAMPONE (2020), *Smart contract: né smart, né contract*, in "Rivista di diritto privato", 2020, n. 2
- M. RASKIN (2016), *The Law and Legality of Smart Contract*, in "Georgetown Law Technology Review", 2016
- G. SALITO (2019), *Smart contracts*, in "Digesto delle discipline privatistiche, Sezione civile, Aggiornamento", Utet, 2019
- F. SARZANA DI S. IPPOLITO, M. NICOTRA (2018), *Diritto della blockchain, intelligenza artificiale e IoT*, Wolters Kluwer, 2018
- C. SCOGNAMIGLIO (2024), *Lo smart contract in ambito bancario*, in M. Proto (a cura di), "Intelligenza artificiale e rapporti bancari. Umano e non umano nelle relazioni tra intermediari e clienti", Pacini Giuridica, 2024
- G. SETTANNI (2024), *Analisi e qualificazione giuridica dell'oracolo nei "contratti intelligenti"*, in "Diritto dell'informazione e dell'informatica", 2024, n. 2
- A. STAZI (2019), *Automazione contrattuale e "contratti intelligenti"*, Giappichelli, 2019
- M.F. TOMMASINI (2022), *Lo smart contract e il diritto dei contratti*, in "Jus Civile", 2022, n. 4
- E. TOSI (2010), *Contratti informatici, telematici e virtuali. Nuove forme e procedimenti formativi*, Giuffrè, 2010
- V.K. WERBACH, N. CORNELL (2017), *Contracts ex machina*, in "Duke Law Journal", vol. 67, 2017